

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

NEW TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE IMPLEMENTATION INNOVATIVE TECHNOLOGY COMBINED PROCESSING OF NON-FERROUS METALS AND ALLOYS

Н.Н. Довженко, С.Б. Сидельников, С.В. Беляев, Н.Н. Загиров
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск,
e-mail sbs270359@yandex.ru

Abstract

The article describes the technical solutions of devices for combined processing of non-ferrous metals and alloys both for compact and non-compact materials. It is shown that the use of these devices can significantly improve the efficiency processes of obtaining long semi-finished products from non-ferrous metals and alloys.

В настоящее время все большую актуальность приобретают технологии получения длинномерных полуфабрикатов и устройства для их реализации, связанные со снижением трудо- и энергоемкости и использующиеся для замены многоцикловых процессов обработки давлением, характеризующихся большой суммарной деформацией (прокатка, волочение, ковка и др.). Такими технологиями являются технологии непрерывного прессования и совмещенной обработки [1], основанные на объединении в один цикл процессов литья, прокатки, прессования, волочения и др. операций.

Процесс непрерывного литья и прессования имеет следующие преимущества перед традиционными способами прессования: реализуется совмещение непрерывных процессов литья и прессования металла; силы контактного трения между заготовкой и контейнером способствуют созданию усилия, необходимого на прессование заготовки; устраняется операция по производству слитка и его нагрева перед прессованием; повышается выход годного металла.

В статье Ю.Н.Логинова и С.П.Буркина [2] дан анализ применения совмещенных процессов литья и прессования с позиций энергосбережения, причем отмечается, что основным недостатком развития данного процесса является различная

организация процесса, так как на большинстве заводов процесс прессования остался дискретным, а процесс литья – непрерывным. При реализации процесса непрерывной подачи заготовок в очаг деформации, что характерно для методов непрерывного прессования, задача становится разрешимой. При этом, по данным авторов, экономия энергозатрат, например, для алюминия составит около 600 кДж/кг.

По сравнению с затратами на прессование экономия энергозатрат при обработке алюминия составит от 100 до 350%, причем чем меньше коэффициент вытяжки, тем больше эта экономия. Обобщая результаты проведенных исследований, авторы делают вывод о существенном снижении энергозатрат при использовании совмещенных процессов литья и прессования и режима активного трения.

Для оценки экономической эффективности внедрения технологии непрерывного прессования таких изделий по методу совмещенной прокатки-прессования (СПП) проведено сравнение некоторых показателей (табл.1), характерных для рассматриваемого процесса СПП, традиционной схемы прямого прессования на гидравлическом прессе усилием 12,5 МН и процесса непрерывного прессования по методу Конформ[3].

Таблица 1 – Сравнительные показатели различных процессов прессования

Показатели	СПП	Конформ	Прессование
Производительность, кг/ч	1800 (100%)	1620 (90%)	600 (33,3%)
Мощность двигателя, КВт	50 (100%)	200 (400%)	500 (1000%)
Обслуживающий персонал, чел	2 (100%)	2 (100%)	3 (150%)
Расход смазки, кг/т	5 (100%)	5 (100%)	100 (2000%)
Выход годной продукции, %	98 (100%)	98 (100%)	80 (82%)
Ориентировочная стоимость оборудования, тыс.руб	3000 (100%)	20000 (666%)	30000 (1000%)

Применение же способа совмещенного литья, прокатки и прессования (СПИП) по сравнению с традиционными методами получения

заготовок литьем с последующим прессованием ещё более экономически выгодно.

В частности способ СЛИПП в сравнении с известным процессом «Кастекс» (табл. 2) имеет меньшую стоимость оборудования (меньше в 10

раз); низкие затраты на электроэнергию (на 84 %), повышенный выход годной продукции (на 5 %).

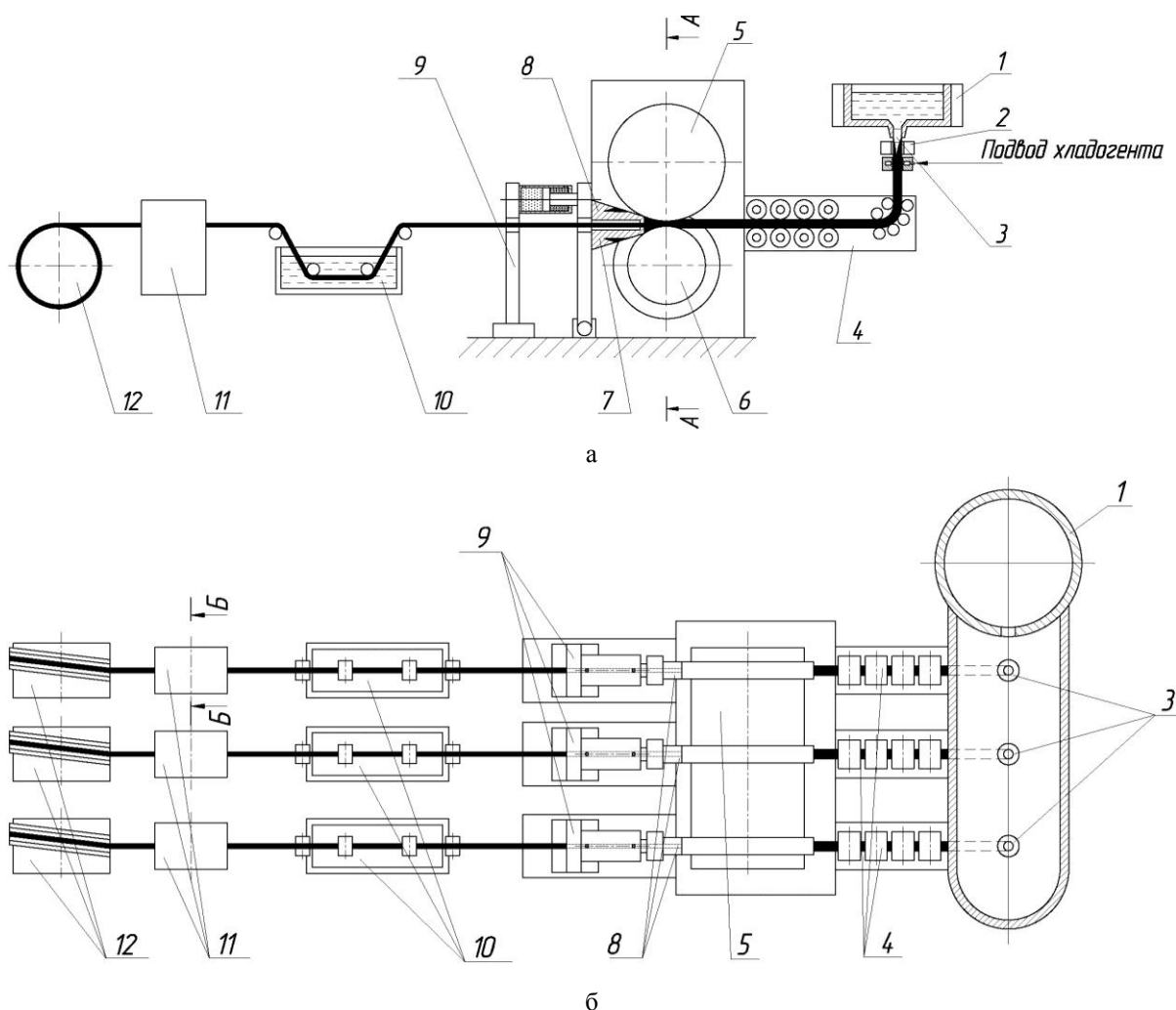
Таблица 2 – Сравнительные показатели процессов литья и прессования

Показатель	СЛИПП	«Кастекс»	Литье и прессование
Выход годной продукции, %	95	90	75
Количество металла необходимое для изготовления 1 т. продукции, т	1,053	1,111	1,333
Процентное соотношение вспомогательных материалов по сравнению с прессованием, %	5	5	100
Сравнение процентной стоимости с прессовым оборудованием, %	4	40	100
Затраты на электроэнергию по сравнению с прессованием, %	7	45	100

Авторами в течение ряда лет развивается научное направление, связанное с созданием новых технологических и технических решений на основе совмещения операций литья, прокатки и прессования. Причем за последнее десятилетие получено 17 патентов на изобретения и полезные

модели. Ниже приведено описание и показано существо предлагаемых технических решений.

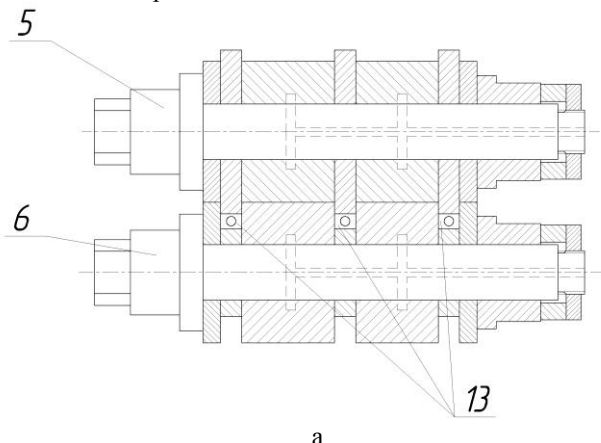
Для реализации технологий совмещенной обработки необходимо новое оборудование, в качестве которого предлагается установка по патенту РФ № 67492, схема которой представлена на рис. 1.



1 – печь-миксер, 2 – электромагнитный кристаллизатор, 3 – питатели, 4 – правильно-задающее устройство, 5 – валок с выступом, 6 – валок с ручьем, 7 – матрица, 8 – полости охлаждения, 9 – гидроцилиндр, 10 – узел охлаждения, 11 – универсальная прокатная клеть, 12 – устройство для намотки

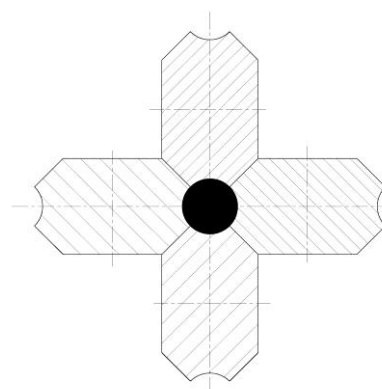
Рис. 1. Схема установки совмещенной обработки с электромагнитным кристаллизатором (а) и ее вид сверху (б)

Деформирующий узел (рис. 2 а) состоит из валка с ручьем и валка с выступом, образующих рабочий калибр, на выходе из которого установлена матрица с клиновидными полостями



а

для охлаждения, а далее расположена универсальная клетка для калибровки пресс-изделий (рис. 2 б).



б

Рис. 2. Элементы установки в разрезе: а – деформирующий узел; б – универсальная клетка

В процессе работы расплавленный металл из печи-миксера 1 поступает в электромагнитный кристаллизатор 2 и через питатели 3 закристаллизовавшийся слиток изгибается и с помощью правильно-задающего устройства 4 поступает в калибр, образованный валком с выступом 5 и валком с ручьем 6. Далее заготовка подвергается пластической деформации и экструдирована в виде пресс-изделия через матрицу 7, поджатую гидроцилиндром 9. Матрица охлаждается с помощью хладагента, поступающего в клиновидные полости 8, а заготовка сматывается в бухту на устройстве намотки 12, пройдя перед этим охлаждение в емкости узла охлаждения 10 и калибровочную прокатку в универсальной клетке 11.

Для увеличения производительности установки в электромагнитном кристаллизаторе 2 с помощью питателей 3 может быть получено одновременно несколько заготовок по числу калибров на валках 5 и 6, при этом они экструдированы через матрицы 7, перекрывающие эти калибры, и обрабатываются далее с использованием необходимого количества гидроцилиндров 9, охлаждающих устройств 10, универсальных прокатных клеток 11 и устройств для намотки 12.

Электромагнитный кристаллизатор, снабженный питателем, в отличие от роторного позволяет получать литые заготовки небольшого поперечного сечения (с диаметром описанной окружности до 20 мм) и обеспечивает высокие скорости охлаждения за счет интенсивной подачи хладагента к кристаллизующейся заготовке. Как известно высокие скорости охлаждения (более 100 град/сек) обеспечивают получение мелкозернистой структуры литой заготовки и, соответственно, ее высокую пластичность. Это позволяет производить дальнейшую деформацию металлов и сплавов, которые при традиционной технологической схеме

производства практически не обрабатываются методами ОМД. Применение деформирующего узла совмещенной прокатки-прессования для формоизменения таких литых заготовок позволяет получать пресс-изделия за один цикл обработки с достаточно высокими степенями деформации, при этом уровень их механических свойств достаточно высок. Правильно-задающее устройство роликового типа дает возможность гарантированного захвата литой заготовки валками и обеспечение изгиба и непрерывности подачи металла в калибр валков. Охлаждающее устройство позволяет реализовать последующую холодную прокатку и обеспечивает отсутствие сварки витков при получении бухты на устройстве для намотки изделий. Для особо ответственных изделий требуется иметь точные размеры, которые можно получить с применением холодной калибровки в универсальной прокатной клетке. С целью увеличения производительности установки предлагается использовать деформирующий узел с дополнительными калибрами в количестве не менее двух, что позволяет варьировать процесс получения изделий за счет реализации многократной непрерывной обработки, выбирая количество калибров в соответствии с заданной производительностью. Количество калибров на валках и питателей электромагнитного кристаллизатора для реализации такого процесса с высокой производительностью должно быть одинаковым. Для увеличения срока службы инструмента валки предлагается сделать составными, что дополнительно облегчает их сборку и замену.

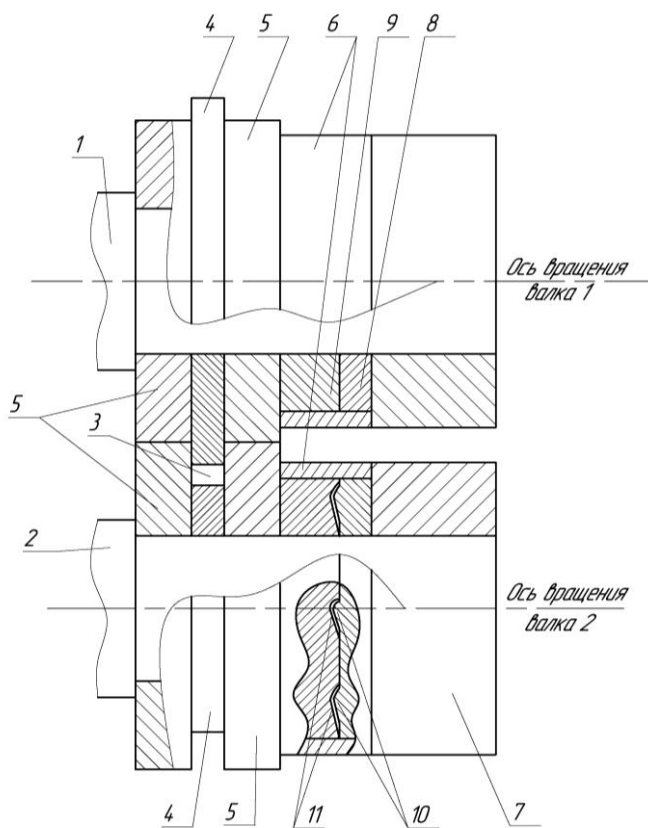
Данная установка обеспечивает непрерывность процесса, снижение энергозатрат, стабильные свойства пресс-изделий за счет значительных степеней деформации при прессовании, варьирование их размеров путем обработки малопластичных сплавов и повышение

точности и качества изделий за счет улучшения их механических свойств.

Описанное выше устройство будет работоспособно только в том случае, когда конструкция инструментального узла даст возможность осуществить формоизменение металла с минимальным его износом. Для увеличения длительной прочности валков и снижения затрат времени на переналадки и проведение ремонтных работ было предложено изобретение по патенту РФ № 70828. Данное техническое решение существенно снижает затраты на преодоление сил трения на контактных поверхностях с инструментом и практически устраняет неравномерность истечения обрабатываемого металла во время деформации в рабочем калибре, что обеспечивает равномерное истечения прессуемого металла на выходе из канала матрицы.

В соответствии с ним устройство для непрерывной прокатки и прессования (рис. 3) включает валок с выступом 1 и валок с ручьем 2, образующие рабочий закрытый ящичный калибр 3, который перекрыт на выходе матрицей. Валки 1 и 2 располагались в рабочей станине консольно и были выполнены составными из опорных 4, рабочих 5, зажимных 6 и прижимных 7 колец, расположенных на оси вращения каждого валка. Зажимное кольцо выполнено из двух колец, у которых торцевая сторона одного из них – клинового кольца 8 снабжена клинообразными зубцами, точно входящих во впадины другого поджимного кольца 9.

Устройство работает следующим образом. Заготовка захватывается опорными 4 и рабочими 5 кольцами составных валков 1 и 2, деформируется в рабочем закрытом ящичном калибре 3 и выдавливается в виде пресс-изделия через рабочий канал матрицы.



1 – валок с выступом, 2 – валок с ручьем, 3 – калибр, 4 – опорные кольца, 5 – рабочие кольца, 6 – зажимные кольца, 7 – прижимные кольца, 8 – клиновое кольцо, 9 – поджимное кольцо, 10 – клинообразные зубцы, 11 – клинообразные впадины

Рис. 3. Устройство для непрерывной прокатки и прессования

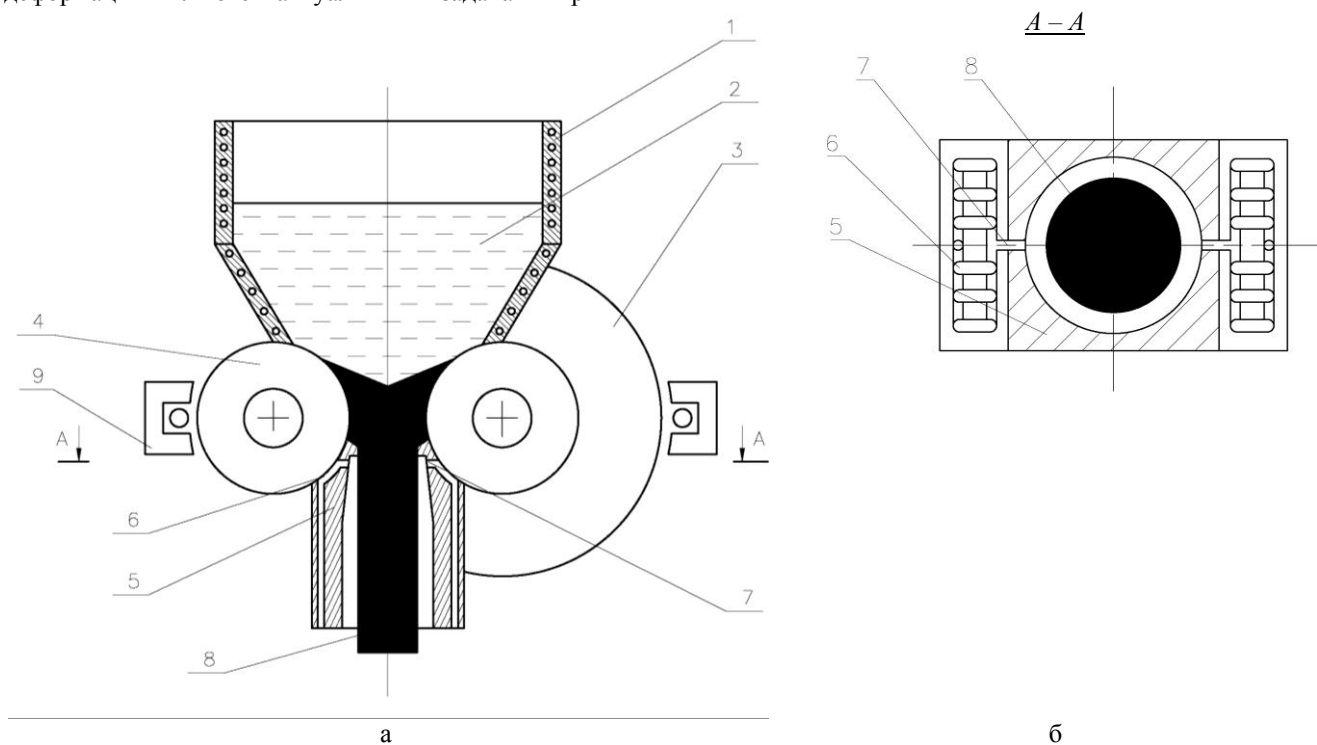
Выполнение валков составными из опорных, рабочих, зажимных и прижимных колец, расположенных на оси вращения каждого валка, позволяет снизить неравномерность нагрузки по сечению рабочего калибра, устранить концентраторы напряжений в углах рабочего калибра, что значительно повысит длительную прочность рабочего инструмента. По мере износа

отпадает необходимость менять весь рабочий инструмент, а достаточно поменять вышедшее из строя кольцо. Расположение валков в рабочей станине консольно обеспечит быструю переналадку рабочего инструмента и существенно снизит затраты во время проведения ремонтных работ. Выполнение зажимного кольца из двух колец, у которых торцевая сторона одного из них –

клинового кольца снабжена клинообразными зубцами, точно входящих во впадины другого поджимного кольца, позволяет устранить зазор между кольцами во время переналадки инструмента с высокой точностью и практически без люфта, не требует прижимного навинчиваемого кольца, создает нагружение инструмента в основном на сжатие, что положительно скажется на длительной прочности составных валков.

Стабилизация температурных условий и своевременный отвод излишков тепла из очага деформации являются актуальными задачами при

проектировании оборудования для совмещенных процессов обработки металла. Эффективный отвод тепла и охлаждение инструмента способствует увеличению производительности технологических процессов, поэтому техническое решение по патенту РФ №73245 (рис. 4 а) было направлено на решение задач повышения производительности процесса непрерывного литья, прокатки и прессования и качества пресс-изделий за счет увеличения эффективности охлаждения рабочего инструмента.



1 – печь-миксер, 2 – расплав, 3 – валок с ручьем, 4 – валок с выступом, 5 - матрица, 6 и 7 – каналы для охлаждения матрицы, 8 – индуктор

Рис. 4. Общий вид устройства для непрерывного литья, прокатки и прессования(а) и вид инструментального узла устройства в разрезе(б)

Поставленные задачи были решены следующим образом. В устройстве для непрерывного литья, прокатки и прессования, включающем печь-миксер, валок с ручьем и валок с выступом, имеющие охлаждаемые полости и образующие рабочий калибр, на выходе из которого установлена матрица, на ее наружной поверхности, находящейся в контакте с валками, выполнены охлаждаемые каналы (рис. 4 б). Кроме того, матрица на выходе из ее канала снабжена охлаждаемыми каналами для подвода хладагента к пресс-изделию, а валки снабжены индукторами для их нагрева, расположенными по разные стороны от валков.

Таким образом, устройство для непрерывного литья, прокатки и прессования включает печь-миксер 1 с расплавом 2, валок 3 с ручьем и валок 4 с выступом, образующие закрытый калибр, перекрытый на выходе матрицей 5 с охлаждаемыми каналами 6, выполненными на

наружной ее поверхности, находящейся в контакте с валками 3 и 4. Матрица 5 также снабжена охлаждаемыми каналами 7 для подвода хладагента к профилю на выходе из канала матрицы 5, а валки 3 и 4 снабжены индукторами 8 для их нагрева, расположенными по разные стороны от валков 3 и 4.

Устройство работает следующим образом. Вначале валки нагреваются до необходимой температуры с помощью индукторов 8. Затем расплавленный металл 2 заливается в печь-миксер 1, при этом начинается его кристаллизация на поверхностях валков 3 и 4. Далее закристаллизовавшийся металл захватывается валками 3 и 4, деформируется в закрытом калибре между валками 3 и 4 и выдавливается через рабочий канал матрицы 5. В момент попадания расплава в печь-миксер 1 подается хладагент в охлаждаемые каналы 6 и 7 матрицы 5. При

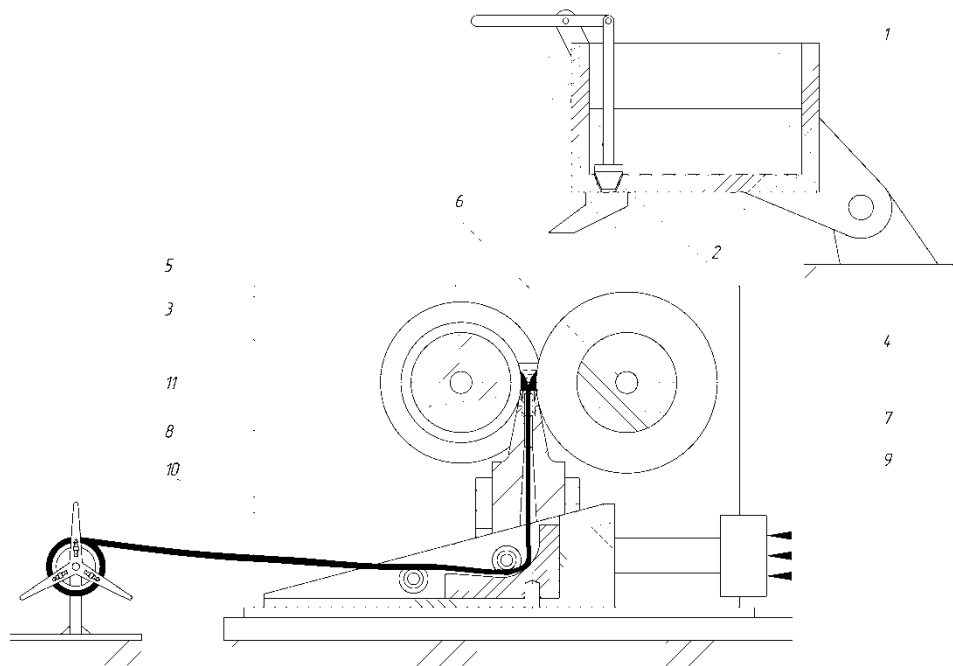
необходимости возможен нагрев валков индукторами 8 во время работы.

Выполнение охлаждаемых каналов на наружной поверхности матрицы, находящейся в контакте с валками, значительно повышает интенсивность отвода тепла непосредственно из очага деформации, при этом происходит одновременное охлаждение, как матрицы, так и валков. Подвод хладагента через каналы к профилю на выходе из канала матрицы позволяет отводить избыточное тепло непосредственно от деформируемого металла и оперативно регулировать его выходную температуру. Герметичность системы охлаждения обеспечивается тем, что протяженность охлаждаемых каналов не превышает длины зоны контакта матрицы с валками. Нагрев валков индукторами позволит оперативно регулировать температурные условия работы инструмента во время его работы, снизить температурный перепад в начальный момент заливки расплавленного металла в печь-миксер, т.е. уменьшить тепловой удар, а главное, в дальнейшем обеспечить оптимальный температурный интервал во время деформирования металла, способствующий достижению максимальной производительности и требуемого качества пресс-изделий.

Для процессов, когда заготовка с требуемым для обработки уровнем пластических свойств не может быть получена с помощью кристаллизатора, предлагается использовать устройство в соответствии с патентом РФ № 73245. Оно позволяет расширить технологические возможности за счет увеличения выхода годного, сокращения металлургических циклов обработки,

снижения трудо- и энергоемкости процесса, а также повышения качества пресс-изделий за счет улучшения механических свойств.

В соответствии с ним установка для непрерывного литья, прокатки и прессования металла (рис. 5) включает печь-миксер 1 с регулятором 2 подачи расплава в калибр валков, валок 3 с ручьем и валок 4 с выступом, расположенные в станине 5, имеющие полости 6 для охлаждения и образующие закрытый калибр, перекрытый на выходе матрицей 7 с клиновидными полостями для охлаждения 8. Для поджима матрицы к валкам имеется клиновой механизм 9, снабженный направляющими роликами 10. За ними расположена моталка 11, которая обеспечивает смотку готового пресс-изделия в бухту. Устройство работает следующим образом. Металл, расплавленный с помощью печи-миксера 1, захватывается валками 3 и 4. В процессе работы регулятор 2 дозирует количество металла, подаваемого в калибр валков, уменьшая или увеличивая поток расплава. При этом на поверхностях водоохлаждаемых валков 3,4 начинается кристаллизация металла. Далее закристаллизовавшийся в виде заготовки металл обжимается в закрытом калибре, распрессовывается перед матрицей 7 и выдавливается в калибрующее отверстие матрицы с образованием пресс-изделия заданной формы и размеров. Выходной конец движущегося пресс-изделия попадает в направляющие ролики 10, которые изменяют его направление движения на 90 градусов и передают на моталку 11, где производится смотка в бухту.



1 – печь-миксер, 2 – регулятор, 3 – валок с ручьем, 4 – валок с выступом, 5 – станина, 6 – полости для охлаждения валков, 7 – матрица, 8 – клиновидные полости, 9 – клиновой механизм, 10 – направляющие ролики, 11 – моталка

Рис. 5. Устройство для непрерывного литья, прокатки и прессования

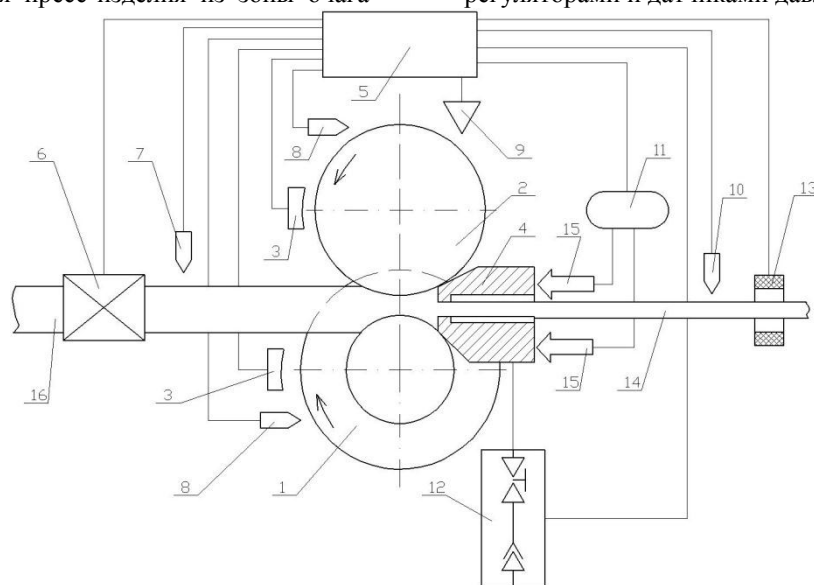
Расположение валков в вертикальной плоскости позволяет упростить схему обработки металла, так как расплав в данном случае заполняет калибр под собственным весом. При этом роль кристаллизатора выполняют валки, на поверхности которых в момент поступления жидкого металла в очаг деформации происходит кристаллизация металла, формирование литой заготовки, ее обжатие в зазоре между валками, распрессовка перед матрицей и формирование пресс-изделия путем выдавливания в калибрующее отверстие матрицы с помощью активных сил трения. Форма и размеры калибрующего отверстия матрицы обеспечивают форму пресс-изделия и его заданные размеры.

Выполнение печи-миксера наклоняемой с регулятором подачи расплава в калибр валков позволяет дозировать количество металла в очаге кристаллизации-деформации и создавать условия для управления процессом обработки.

Клиновой механизм необходим для поджима матрицы к валкам с целью обеспечения гарантированного перекрытия калибра и создания замкнутого объема обрабатываемого металла, а также для удаления пресс-изделия из зоны очага

деформации, для чего выходящий конец прутка направляется неприводными роликами на моталку.

Для автоматизации процессов совмещенной обработки предложено устройство для непрерывной прокатки и прессования, защищенное патентом РФ № 101390 (рис. 6). Оно включает в себя валок с ручьем 1 и валок с выступом 2, снабженные индукторами 3 для их нагрева и образующие рабочий калибр, на выходе из которого установлена охлаждаемая матрица 4, при этом она дополнительно снабжена управляющей ЭВМ 5, выходы которой соединены с устройством для нагрева 6 заготовки 16, датчиками контроля нагрева 7 температуры заготовки 16, датчиками контроля температуры 8 валков 1 и 2, датчиком скорости вращения 9 валков 1 и 2, датчиком контроля температуры 10 пресс-изделия 14, выходящего из канала матрицы 4, прижимным устройством 11 матрицы 4, устройством для охлаждения 12 матрицы, дефектоскопом 13, расположенным за охлаждаемой матрицей 4 таким образом, что пресс-изделие 14 проходит через его детекторы. Кроме того, прижимное устройство матрицы имеет два рабочих цилиндра с регуляторами и датчиками давления 15.



1 – валок с ручьем, 2 – валок с выступом, 3 – индукторы, 4 – матрица, 5 – управляющая ЭВМ, 6 – устройство для нагрева заготовки, 7 – датчики контроля нагрева заготовки, 8 – датчики контроля температуры валков, 9 – датчик скорости вращения валков, 10 – датчик контроля температуры профиля, 11 – прижимное устройство матрицы, 12 – устройство для охлаждения матрицы, 13 – дефектоскоп, 14 – прессуемый профиль, 15 – датчики давления, 16 – заготовка

Рис.6. Общий вид установки для непрерывной прокатки и прессования

После начала вращения валков 1 и 2 со скоростью ω_v включают индукторы 3 для их нагрева, температура нагрева которых отслеживается датчиками контроля 8 нагрева температуры валков 1 и 2. Далее передняя часть длинномерной заготовки 16 задается печь 6, температура нагрева которой фиксируется датчиком контроля 7 температуры заготовки. При достижении заданных температур нагрева валков 1 и 2, индукторы 3 отключаются, а нагретая передняя

часть длинномерной заготовки 16 подается в валки 1 и 2. В этот момент времени к валкам 1 и 2 подводится охлаждаемая матрица 4, которая прижимается к валкам 1 и 2 с помощью прижимного устройства 11 матрицы 4 к валкам 1 и 2 с давлением, одинаковым в каждом рабочем цилиндре и равным $P_m = P_{m1} = P_{m2}$, и включается устройство для охлаждения матрицы 12, обеспечивая подачу хладагента в охлаждаемые каналы матрицы 4 со скоростью q_0 . Длинномерная

заготовка 16 захватывается валками 1 и 2, и начинается ее выдавливание с помощью активных сил трения со стороны валков 1 и 2 через каналы охлаждаемой матрицы 4.

В ходе прессования профиля 14 показания датчиков температуры нагрева заготовки 16, валков 1 и 2, выходной температуры профиля 14, скоростей валков 1 и 2, давления в каждом рабочем цилиндре 15 непрерывно в режиме реального времени передаются в управляющую ЭВМ 5. Дефектоскоп 13 непрерывно сканирует выходящий профиль 14 и при возникновении дефектов посылает сигнал в управляющую ЭВМ 5.

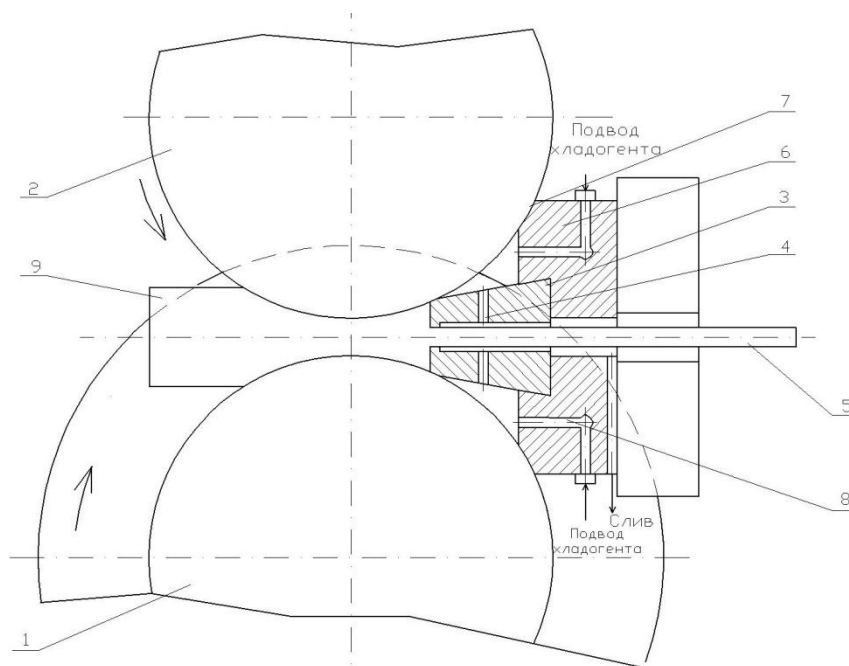
Управляющая ЭВМ с помощью блоков коммуникаций, корреляции, математической модели объекта и модели принятия решений, исполнительных органов и датчиков контроля текущих технологических параметров процесса непрерывной прокатки и прессования (температуры нагрева заготовки и валков, изменения выходной температуры профиля, скорости вращения валков, давления прижима матрицы) обеспечивает достижение стабильных тепловых условий непрерывного процесса деформирования, особенно выходной температуры профиля, и этим самым получение качественных изделий за счет корректирования при отклонении текущих технологических параметров от заданных с помощью устройств нагрева заготовки, охлаждения матрицы и скорости вращения валков.

Дефектоскоп сканирует профиль, выходящий из канала матрицы, и в случае возникновения микротрещин или других дефектов в профиле подает сигнал об их возникновении в управляющую ЭВМ, тем самым позволяя точно зафиксировать момент возникновения дефектов в профиле.

В случае возникновения заусенцев на поверхности валков оператор установки увеличивает давление в том рабочем цилиндре, который прижимает часть матрицы к тому валку, на поверхности которого толщина заусенца больше. Создавая различное давление на рабочую поверхность матрицы, можно таким образом изменять ее угол наклона в горизонтальной плоскости и управлять не только процессом образования заусенца на валках, но и картиной истечения прессуемого профиля на выходе из канала матрицы, сводя до минимума появляющиеся дефекты геометрии профиля во время непрерывного выдавливания.

Таким образом, применение этой установки позволяет повысить производительность прессования и качество получаемых профилей.

Кроме того предложены варианты устройств, расширяющие технологические возможности процесса совмещенной обработки. Например, устройство для непрерывной прокатки-прессования профилей (патент РФ № 102313) включает (рис. 7) валок с ручьем 1 и валок с выступом 2, образующие рабочий калибр, на выходе из которого установлена матрица 3, имеющая каналы 4 для подвода хладагента в месте выхода профиля 5 из рабочего отверстия матрицы 3, снабжено матрицедержателем 6, в пазу которого установлена матрица 3, а на заходной части матрицедержателя 6 выполнены вогнутые поверхности 7 с радиусами закруглений соответствующими радиусам валков 1 и 2, с которыми он находится в контакте. Матрицедержатель снабжен каналами для подвода хладагента 8 на рабочую поверхность валков 1 и 2 со стороны примыкания матрицы 3.



1 – валок с ручьем, 2 – валок с выступом, 3 – матрица, 4 – каналы для подвода хладагента, 5 – профиль, 6 – матрицедержатель, 7 – вогнутые поверхности матрицедержателя, 8 – каналы для подвода хладагента, 9 – заготовка

Рис. 7. Общий вид устройства для непрерывной прокатки и прессования

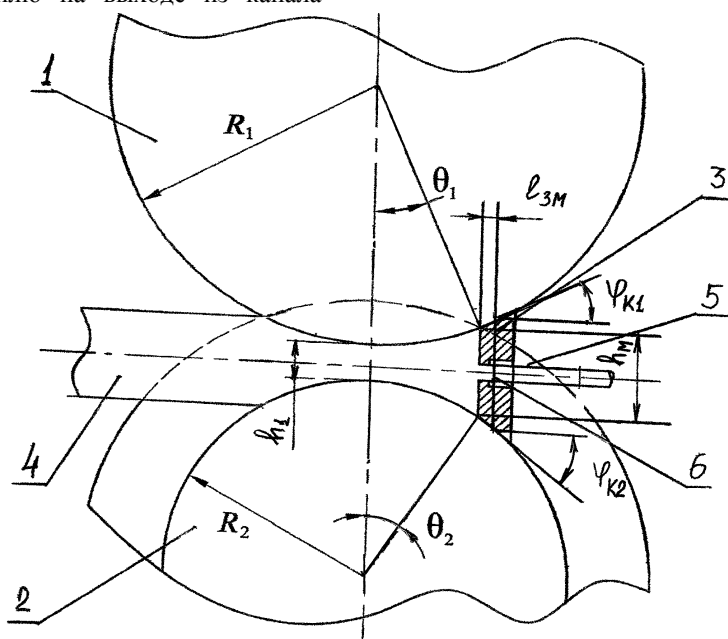
Устройство работает следующим образом. Вначале матрица 3 помещается в паз матрицедержателя 6, образуя матричный блок, который устанавливается в рабочее положение, перекрывая рабочий калибр, образованный валком 1 с ручьем и валком 2 с выступом. Затем заготовка 9, нагретая до необходимой температуры, задается в валки 1 и 2, деформируется в рабочем калибре между валками 1 и 2 и выдавливается через рабочее отверстие матрицы 3 в профиль 5. В момент подхода заготовки к рабочей поверхности матрицы 3 и появления профиля 5 из рабочего отверстия матрицы 3 включается система охлаждения и подается хладагент в каналы 8 матрицедержателя и далее в каналы 4 матрицы 3.

Выполнение каналов в матрицедержателе обеспечивает беспрепятственный доступ хладагента в зону охлаждения, которая образована наружными поверхностями валков, матрицей и самим матрицедержателем. При этом образование заусенца не препятствует циркуляции хладагента, что обеспечивает стабильное охлаждение инструмента во время работы устройства.

Кроме того сохраняется подвод хладагента через каналы к профилю на выходе из канала

матрицы, что позволяет отводить избыточное тепло непосредственно от деформируемого металла и оперативно регулировать его выходной температурой. Герметичность системы охлаждения обеспечивается примыканием заходных поверхностей матрицы и матрицедержателя к валкам во время работы устройства, что обеспечивается выполнением на заходной части матрицедержателя вогнутых поверхностей с радиусами закруглений соответствующими радиусам валков и расположением матрицы в пазу матрицедержателя.

Устройство по патенту РФ № 102542 также предназначено для повышения качества пресс-изделий (рис. 8). Матрица здесь выполнена в виде прямой трапециевидальной призмы, наклонные грани которой на заходной части имеют вогнутые поверхности с радиусами закруглений, соответствующими радиусам валков, а в конце вогнутого участка наклонные грани расположены по касательной к поверхности валков с заданным углом наклона боковых граней.



1 – валок с выступом, 2 – валок с ручьем, 3 – матрица, 4 – заготовка, 5 – профиль, 6 – рабочий канал матрицы
Рис. 8. Общий вид устройства для непрерывной прокатки и прессования профилей

Выполнение на заходной части матрицы вогнутых поверхностей с радиусами закруглений соответствующими радиусам валков обеспечивает равномерный минимально-возможный зазор на контактной поверхности валков и матрицы, имеющий равную протяженность для противоположных боковых граней, что сводит до минимума образование заусенца и разной его толщины на валках.

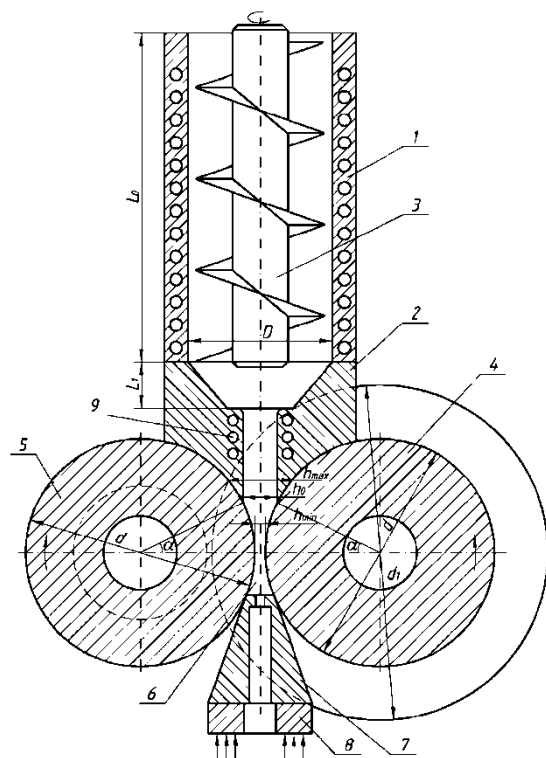
Следует отметить, что полное отсутствие зазора между вращающимися валками и неподвижной матрицей невозможно, т. к. данные

детали образуют подвижные пары. Кроме того, во время работы инструмент нагревается, поэтому обычно зазор равен $\Delta_3 = 0,3 \div 0,4$ мм. Образование заусенца в этом случае возможно, когда давление при выдавливании профиля через рабочий канал матрицы превысит давление для выдавливания заусенца в зазор между валками и матрицей.

В данном устройстве отмечено равномерное покрытие рабочей поверхности на обоих валках пленкой алюминия толщиной не более 0,2 мм, что является неизбежным при горячей деформации

алюминия без смазки. При этом на поверхности прутка отсутствовали пережимы и отклонения от формы, а предельное отклонение размеров диаметра прутка по его длине составило $\pm 0,05$ мм.

Для обеспечения максимальной производительности переработки стружковых отходов была предложена конструкция устройства по патенту №2429943. Устройство, схема которого приведена на рис. 9, содержит подогреваемый контейнер 1, форкамеру 2, приводной шнек 3, расположенный в контейнере 1, валок с ручьем 4 и валок с выступом 5, образующие закрытый калибр 6, на выходе из которого установлена матрица 7 с гидроприжимом 8.



1 – контейнер, 2 – форкамера, 3 – шнек, 4 валок с ручьем, 5 – валок с выступом, 6 – калибр, 7 – матрица, 8 – гидроприжим

Рис. 9. Схема устройства для получения проволоки и профилей из некомпактных материалов

Некомпактный металлический материал, например стружка, непрерывно подается в контейнер 1 и с помощью вращающегося шнека 3 перемещается в конический участок форкамеры 2. По мере создания необходимого давления при помощи вращающегося шнека 3 происходит уплотнение материала и формирование более или менее компактной заготовки в прямоугольном участке форкамеры 2. При этом форма внутренней полости и размеры форкамеры 2 выбраны таким образом, что компактирование заготовки происходит постепенно с переходом от круглого сечения диаметром D к прямоугольному с максимальными размерами $h_{\max} \times b$.

Далее приводятся во вращение валки 4, 5 и заготовка поступает в образованный этими валками

закрытый калибр 6, заполняет его, обжимается валками, продвигается до матрицы 7, поджатой к валкам гидроприжимом 8, распрессовывается и выдавливается в виде пресс-изделия заданной формы, например профилей круглого сечения диаметром d_1 , через матрицу 7.

Наличие промежуточной форкамеры позволяет перед стадией прокатки произвести предварительное брикетирование некомпактного материала и сформировать в форкамере прямоугольную заготовку с необходимой степенью уплотнения, достаточной для последующей деформации путем выдавливания металла валками через отверстие матрицы. При этом для снижения сопротивления деформации материала и, соответственно усилия выдавливания, форкамераснабжена дополнительными нагревателями, обеспечивающими стабильные температурные условия в очаге деформации.

Использование приведенных выше технических решений для совершенствования технологических процессов получения длинномерных деформированных полуфабрикатов из цветных металлов и их сплавов позволит существенно снизить энерго- и трудоемкость производства, повысит выход годного и универсальность перехода от одних типоразмеров к другим. В настоящее время с использованием данных изобретений спроектирована, установлена на Иркутском алюминиевом заводе и проходит опытно-промышленные испытания установка совмещенной обработки по производству электротехнической катанки из сплавов алюминия с повышенными механическими свойствами.

Список литературы

1. Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Загиров Н.Н. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов. М.: МАКС Пресс, 2005.
2. Логинов Ю.Н., Буркин С.П. Энергосбережение в процессах прессования // Цветные металлы. 2002. №10, с. 81-86.
3. Горохов Ю.В., Шеркунов В.Г., Довженко Н.Н., Беляев С.В., Довженко И.Н. Основы проектирования процессов непрерывного прессования. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013.